

引用格式:

张彤, 刘伟, 尹冬雪, 齐中华. 温度和播种深度对武当木兰种子萌发和幼苗建成的影响[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2020, 46(6): 691–697.

ZHANG T, LIU W, YIN D X, QI Z H. Influence of temperature and sowing depth on seed germination and seedling establishment of *Magnolia sprengeri*[J]. Journal of Hunan Agricultural University(Natural Sciences), 2020, 46(6): 691–697.

投稿网址: <http://xb.hunau.edu.cn>



温度和播种深度对武当木兰种子萌发和幼苗建成的影响

张彤¹, 刘伟^{1*}, 尹冬雪², 齐中华³

(1.河南科技大学农学院, 河南 洛阳 471000; 2.河南科技大学农业装备工程学院, 河南 洛阳 471003; 3.河南省睢县农业科学研究所, 河南 睢县 476900)

摘 要: 设置温度(10、15、20、25、28、30、35 ℃ 7个恒温 and 35 ℃ 25 ℃、30 ℃ 20 ℃、28 ℃ 15 ℃、25 ℃ 15 ℃、20 ℃ 10 ℃ 5个昼夜变温)和播种深度(0.5、1.0、2.0、3.0、4.0和5.0 cm) 2个影响因素, 采用人工气候培养箱培养武当木兰(*Magnolia sprengeri* Pamp.), 测定种子的发芽率、发芽势、发芽指数、发芽速率、活力指数和幼苗存活数量、侧根数、叶片数、幼苗的主根长、最大侧根长、株高、基径、单株叶面积、幼苗鲜重、幼苗存活率等指标, 研究温度和播种深度对武当木兰种子萌发和幼苗建成的影响。结果表明, 在恒温 28 ℃、28 ℃ 15 ℃昼夜变温、播种深度为 2 cm 时, 武当木兰的种子发芽率、发芽势、发芽指数、活力指数、发芽速率、幼苗株高、叶片数、基径、主根长、侧根数、最大侧根长、单株叶面积、鲜重、幼苗存活率均达到最大值。综合评价, 温度是影响种子发芽率、发芽势和发芽速率的主要因素, 播种深度是影响幼苗存活率的主要因素。武当木兰种子萌发和幼苗建成的最适条件是 28 ℃恒温、播种深度 2 cm。

关 键 词: 武当木兰; 温度; 播种深度; 种子萌发; 幼苗建成

中图分类号: S685.150.4

文献标志码: A

文章编号: 1007-1032(2020)06-0691-07

Influence of temperature and sowing depth on seed germination and seedling establishment of *Magnolia sprengeri*

ZHANG Tong¹, LIU Wei^{1*}, YIN Dongxue², QI Zhonghua³

(1.College of Agriculture, Henan University of Science and Technology, Luoyang, Henan 471000, China; 2.College of Agricultural Equipment Engineering, Henan University of Science and Technology, Luoyang, Henan 471003, China; 3.Institute of Agricultural Sciences of Suixian County in Henan Province, Suixian County, Henan 476900, China)

Abstract: In this study, two factors including temperature(7 constant temperatures of 10, 15, 20, 25, 28, 30 and 35 ℃; 5 day/night temperature conditions of 35 ℃ 25 ℃, 30 ℃ 20 ℃, 28 ℃ 15 ℃, 25 ℃ 15 ℃, 20 ℃ 10 ℃) and sowing depth(0, 0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 and 5.0 cm) were reasonably set for cultivation of *Magnolia sprengeri* Pamp. through artificial climate incubator. Seed germination rate, germination potential, germination index, germination rate, vigor index and survive number of seedling, number of lateral roots, number of leaves, main root length, maximum lateral root length, plant height, base diameter, leaf area per seedling, fresh weight and seedling survival rate were determined to study the effects of temperature and sowing depth on seed germination and seedling establishment of *Magnolia sprengeri* Pamp. The study found that seed germination rate, germination potential, germination index, vigor index, germination rate, plant height,

收稿日期: 2020-03-14

修回日期: 2020-09-03

基金项目: 国家自然科学基金项目(81803659); 河南省科学技术厅科技攻关计划项目(182102110165); 河南科技大学博士科研启动基金项目(13480075)

作者简介: 张彤(1995—), 女, 河南洛阳人, 硕士研究生, 主要从事特色园艺植物资源开发与利用研究, zt1253324055@163.com; *通信作者, 刘伟, 博士, 副教授, 主要从事特色植物资源开发与利用研究, 15729111052@163.com

number of leaves, base diameter, main root length, number of lateral roots, maximum lateral root length, leaf area per seedling, fresh weight and seedling survival rate all reached the maximum at constant temperature of 28 °C, 28 °C 15 °C day/night changing temperature, and sowing depth of 2 cm. Integrative evaluation of the influence of the two factors on seed germination and seedling establishment showed that temperature is the dominant factor affecting seed germination rate, germination potential and germination rate and sowing depth is the dominant factor affecting seedling survival rate. Constant temperature of 28 °C and sowing depth of 2 cm are suggested as the most appropriate conditions for seed germination and seedling establishment of *M. sprengeri*.

Keywords: *Magnolia sprengeri*; temperature; sowing depth; seed germination; seedling establishment

武当木兰(*Magnolia sprengeri* Pamp.)又名朱砂玉兰、湖北玉兰、姜朴等,属于木兰科(Magnoliaceae)木兰属(*Magnolia*)落叶乔木^[1];主要分布在甘肃、河南、陕西、四川、湖北等地^[2],花型典雅,常用作园林绿化树种,同时还是重要的中药材^[3]。

在种子植物生活史中占据重要地位的是种子萌发及幼苗建成阶段。该阶段的种子生长发育直接影响到种子植物的生存空间及种群分布,这也是植物体重建过程中死亡率最高的阶段^[4]。温度、光照、土壤、水分、播种深度等是影响植物生长发育的重要因素^[5-8]。

武当木兰种子发芽率及出苗率较低。目前,对武当木兰的研究主要集中于种子繁殖育苗^[9]、表型变异^[10-12]、种群遗传结构分析^[13]。笔者以原产于湖北省神农架林区的武当木兰自然群落种子为材料,设置温度和播种深度 2 个影响因素,通过人工气候培养箱进行种子萌发和幼苗建成试验,测定武当木兰种子萌发及幼苗建成的关键指标,摸索种子萌发和幼苗建成的最适宜温度和播种深度,以期对武当木兰快速大量育苗提供依据。

1 材料与方法

1.1 种子来源

于 2018 年 9 月 21 日,采集湖北省神农架林区大九湖镇谢家坡村(海拔 1 557 m、N31°26'40.76"、E110°06'44.07")武当木兰自然群落红褐色果实,阴干;待微裂开后去除外种皮,将带有红色假种皮的种子与细河沙混合,脚踩或手工搓去假种皮,去除不饱满的与不健康的种子,阴干备用。在自然群落中采集 0~60 cm 土层土壤作萌发用基质。

1.2 方法

1.2.1 种子预处理

为了使武当木兰种子发芽整齐,采用层积催芽法^[14-15]催芽。将种子与适量细河沙混合,并用 5.5% 的洗衣粉溶液浸泡 1 d,揉搓脱去种子表面油脂,捞出沥干水分。在花盆底部铺一层厚约 5 m 的碎石,在其上铺一层细河沙(以手捏成团、松手一触即散为宜)后,再铺一层种子(约 2~3 m)。这样一层沙一层种子,铺至多层后,用封口膜封紧盆口,于 2018 年 11 月 5 日置于深约 40 m 深的地窖中,定期检查,以防种子发霉或失水。催芽完成后,于次年 3 月取出,备用。

1.2.2 萌发试验

在人工气候培养箱内,设置温度和播种深度 2 个因素,进行种子萌发试验。每个处理 3 次重复,每重复 90 粒种子。

1) 在持续光照条件下(光照度为 4 000 lx),设置 10、15、20、25、28、30、35 °C 7 个恒定温度和 35 °C 25 °C、30 °C 20 °C、28 °C 15 °C、25 °C 15 °C、20 °C 10 °C 5 个昼夜变温,对武当木兰种子进行培养。

2) 以不覆土播种为对照,设置 0.5、1.0、2.0、3.0、4.0、5.0 cm 6 个播种深度,在 25 °C 持续光照条件(4 000 lx)下对武当木兰种子进行培养。播种 30 d 后,自有种子发芽时即开始每天(24 h)观察记载 1 次。根据 GB 2772—1999《林木种子检验规程》^[16],以胚根突破种皮 1 mm、埋入土中种子以下胚轴拱出土面约 5 mm 作为种子发芽标准,以连续 3 日平均发芽率不足 3% 的时期为统计发芽率的日期^[17],以发芽达到高峰时的播种日期(约第 45 天)为统计发芽势的时间^[18],直到连续 14 d 没有种子萌发为止^[19]。

种子萌发关键指标包含发芽率、发芽指数、发芽势、发芽速率和活力指数,测定与计算参照文献[4]的方法进行。

1.2.3 幼苗建成试验

随机挑选 30 株生长情况较为一致、且出现第一对真叶的幼苗,定植到混蛭石土中培养,持续 110 d。观察并统计幼苗存活数量、侧根数、叶片数;测量幼苗的主根长、最大侧根长、株高、基径;幼苗鲜质量等,计算幼苗存活率^[19-20]。

1.3 数据处理

采用 Excel 2010 进行数据统计。运用 SPSS25.0

软件对数据进行单因素方差分析,并采用 Duncan 法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 温度和播种深度对武当木兰种子萌发的影响

2.1.1 恒温对武当木兰种子萌发的影响

不同恒温处理间,武当木兰种子萌发同一指标间存在差异,有的差异显著(表 1)。种子发芽率、发芽势、发芽指数、发芽速率和活力指数在 28 ℃处理时达到最大值,且显著高于其他恒温处理。在 10 ℃时 5 个指标显著低于其他各处理组。

表 1 恒温处理的武当木兰种子的萌发特性

Table 1 Characteristics of <i>Magnolia sprengeri</i> seed germination under steady temperature treatment					
恒温/℃	发芽率/%	发芽势/%	发芽指数	发芽速率	活力指数
10	(14.31±0.56)d	(11.76±0.98)d	(5.23±0.46)d	(0.13±0.02)d	(0.08±0.03)d
15	(26.42±1.12)d	(23.65±0.91)c	(8.54±0.33)d	(0.24±0.04)d	(0.14±0.05)d
20	(43.34±0.91)c	(41.54±1.07)bc	(10.15±0.28)cd	(0.45±0.04)c	(0.35±0.06)c
25	(56.45±1.56)b	(54.93±0.86)b	(16.37±0.36)b	(0.68±0.03)b	(0.49±0.06)b
28	(73.75±1.43)a	(70.23±1.51)a	(19.54±0.58)a	(0.91±0.01)a	(0.63±0.09)a
30	(61.36±0.95)b	(55.87±1.38)b	(17.26±0.45)b	(0.71±0.02)b	(0.52±0.04)b
35	(50.68±0.88)b	(44.33±1.22)b	(13.55±0.87)c	(0.55±0.05)c	(0.41±0.03)c

同列不同字母表示处理间差异显著($P < 0.05$)。

2.1.2 昼夜变温对武当木兰种子萌发的影响

不同昼夜变温处理对武当木兰种子萌发的影响如表 2 所示。28 ℃ 15 ℃昼夜变温处理时,武当木兰种子的发芽率、发芽势、发芽指数、发芽速率和

活力指数均达到最大值;25 ℃ 15 ℃与 28 ℃ 15 ℃时的种子发芽指数、发芽率无显著差异,28 ℃ 15 ℃时其余指标均显著高于其他昼夜变温处理,5 个指标在 20 ℃ 10 ℃时显著下降。

表 2 变温处理的武当木兰种子的萌发特性

Table 2 Characteristics of <i>Magnolia sprengeri</i> seed germination under changing temperature treatment					
昼夜变温/℃	发芽率/%	发芽势/%	发芽指数	发芽速率	活力指数
35 25	(36.32±1.32)b	(32.57±0.83)c	(12.53±0.64)b	(0.36±0.06)c	(0.29±0.01)c
30 20	(40.53±1.11)b	(36.78±1.27)c	(14.25±0.85)b	(0.54±0.03)b	(0.37±0.02)b
28 15	(67.21±1.58)a	(61.46±0.51)a	(18.23±0.92)a	(0.83±0.06)a	(0.58±0.05)a
25 15	(61.27±1.03)a	(54.32±1.06)b	(16.67±0.65)a	(0.58±0.02)b	(0.43±0.03)b
20 10	(29.86±0.95)c	(26.51±1.53)d	(10.26±0.34)c	(0.27±0.03)c	(0.26±0.02)c

同列不同字母表示处理间差异显著($P < 0.05$)。

2.1.3 播种深度对武当木兰种子萌发的影响

不同播种深度下,武当木兰种子萌发同一指标间存在差异,有的差异显著(表 3)。种子的发芽率、

发芽势、发芽指数、活力指数和发芽速率随播种深度的加大而增高,在播种深度为 2.0 cm 时达到最大值,且显著高于其余各处理组,随后下降。

表 3 不同播种深度的武当木兰种子的萌发特性

Table 3 Characteristics of *Magnolia sprengeri* seed germination with different sowing depths

播种深度/cm	发芽率/%	发芽势/%	发芽指数	发芽速率	活力指数
CK	(23.69±0.65)d	(12.34±0.65)d	(7.83±0.12)c	(0.34±0.01)c	(0.21±0.03)c
0.5	(40.18±0.78)c	(19.42±1.23)d	(13.65±0.23)b	(0.55±0.02)b	(0.45±0.01)b
1.0	(54.75±0.91)b	(36.98±0.94)c	(15.47±0.35)b	(0.61±0.03)b	(0.51±0.02)b
2.0	(68.23±1.23)a	(59.64±1.34)d	(18.36±0.65)a	(0.76±0.04)a	(0.62±0.06)a
3.0	(50.34±0.77)b	(50.32±1.02)b	(15.36±0.34)b	(0.54±0.03)b	(0.47±0.04)b
4.0	(38.67±1.15)c	(36.68±1.13)c	(12.58±0.87)b	(0.35±0.05)c	(0.38±0.08)b
5.0	(27.61±0.75)d	(23.69±1.57)d	(11.37±0.46)b	(0.31±0.07)c	(0.19±0.06)c

同列不同字母表示处理间差异显著($P < 0.05$)。

2.2 温度和播种深度对武当木兰幼苗建成的影响

2.2.1 恒温对武当木兰幼苗建成的影响

表 4 数据表明, 10 ℃处理的武当木兰幼苗株高、叶片数、基径、主根长、侧根数、最大侧根长、单株叶面积、鲜质量、幼苗存活率最小; 在 28 ℃时达到最大值, 较 10 ℃组分别提高 73.70 %、35.08 %、

37.03 %、47.17 %、85.89 %、64.97 %、67.18 %、81.81 %和 86.51 % , 侧根数、最大侧根长、单株叶面积、幼苗存活率显著高于其余各处理组; 武当木兰幼苗株高、基径和主根长在 28 ℃与 30 ℃处理下无显著差异, 但都显著高于其余各处理组; 28 ℃与 25 ℃、30 ℃处理下, 叶片数和鲜质量无显著差异, 但显著高于其余各处理组。

表 4 恒温处理的武当木兰幼苗特性

Table 4 Characteristics of *Magnolia sprengeri* seedlings under steady temperature treatment

恒温/℃	株高/cm	叶片数/片	基径/mm	主根长/cm	侧根数
10	(4.15±0.58)d	(2.11±0.43)b	(1.53±0.23)c	(9.16±0.65)c	(4.23±0.28)d
15	(8.22±0.27)c	(2.35±0.34)b	(1.74±0.13)b	(10.22±0.75)c	(8.44±0.68)d
20	(10.54±0.36)b	(2.69±0.12)b	(1.86±0.24)b	(13.49±0.64)bc	(15.98±0.64)cd
25	(13.26±0.54)b	(2.94±0.18)ab	(2.01±0.48)b	(15.76±0.85)b	(21.37±0.48)b
28	(15.78±0.87)a	(3.25±0.14)a	(2.43±0.36)a	(17.34±0.34)a	(30.12±0.76)a
30	(14.13±0.23)ab	(3.06±0.35)ab	(2.25±0.28)ab	(16.12±0.87)ab	(24.86±0.86)b
35	(12.67±0.24)b	(2.87±0.29)b	(1.98±0.57)b	(14.37±0.64)bc	(18.65±0.55)c

恒温/℃	最大侧根长/cm	单株叶面积/cm ²	鲜质量/g	幼苗存活率/%
10	(2.54±0.13)d	(13.57±0.98)d	(0.82±0.23)d	(10.15±0.56)d
15	(3.33±0.25)c	(20.77±0.65)c	(1.67±0.45)c	(36.76±1.12)c
20	(4.52±0.36)bc	(29.65±0.78)c	(2.51±0.61)c	(51.47±1.45)b
25	(5.36±0.14)b	(35.67±1.23)b	(3.63±0.67)ab	(60.34±1.65)b
28	(7.25±0.32)a	(41.35±1.12)a	(4.51±0.24)a	(75.23±1.68)a
30	(6.15±0.32)b	(37.68±0.68)b	(3.88±0.16)ab	(63.57±1.33)b
35	(5.34±0.17)bc	(31.85±0.87)bc	(2.96±0.38)bc	(54.36±1.98)b

同列不同字母表示处理间差异显著($P < 0.05$)。

2.2.2 昼夜变温对武当木兰幼苗建成的影响

表 5 数据表明, 20 ℃ 10 ℃昼夜变温处理, 武当木兰幼苗株高、叶片数、基径、主根长、侧根数、最大侧根长、单株叶面积、鲜质量、幼苗存活率均最小; 在 28 ℃ 15 ℃昼夜变温条件下达到最大值,

较 20 ℃ 10 ℃处理分别高 54.63%、54.75%、38.43%、60.10%、73.33%、59.87%、68.36%、63.37%和 81.54%, 武当木兰幼苗叶片数、基径和主根长在 28 ℃ 15 ℃昼夜变温条件下与 25 ℃ 15 ℃昼夜变温处理组无显著差异, 但显著高于其余各处理组。

表 5 昼夜变温处理的武当木兰幼苗特性

Table 5 Characteristics of <i>Magnolia sprengeri</i> seedlings under changing temperature treatment					
昼夜变温/℃	株高/cm	叶片数/片	基径/mm	主根长/cm	侧根数
35 25	(9.85±0.36)c	(1.68±0.52)c	(1.62±0.23)c	(8.87±0.12)c	(10.97±0.65)c
30 20	(11.74±0.48)b	(2.77±0.31)b	(1.88±0.35)b	(10.65±0.37)b	(20.23±0.41)b
28 15	(14.24±0.98)a	(3.16±0.35)a	(2.29±0.64)a	(14.26±0.75)a	(28.68±0.85)a
25 15	(12.38±0.75)b	(2.96±0.25)ab	(2.04±0.37)ab	(12.36±0.68)ab	(22.36±0.71)b
20 10	(6.46±0.35)d	(1.43±0.33)c	(1.41±0.46)c	(5.69±0.34)d	(7.65±0.12)d
昼夜变温/℃	最大侧根长/cm	单株叶面积/cm ²	鲜质量/g	幼苗存活率/%	
35 25	(3.02±0.18)c	(14.67±0.56)c	(1.59±0.35)d	(26.67±0.98)c	
30 20	(4.87±0.24)b	(28.36±0.54)b	(2.66±0.16)c	(48.36±1.23)b	
28 15	(6.13±0.36)a	(38.37±1.26)a	(3.74±0.46)a	(69.23±1.11)a	
25 15	(5.06±0.35)b	(33.62±0.87)b	(3.12±0.34)b	(51.61±1.65)b	
20 10	(2.46±0.47)c	(12.14±0.35)c	(1.37±0.21)d	(12.78±0.37)d	

同列不同字母表示处理间差异显著($P < 0.05$)。

2.2.3 播种深度对武当木兰幼苗建成的影响

表 6 数据表明，播种深度为 2.0 cm 时，武当木兰幼苗株高、叶片数、基径、主根长、侧根数、最大侧根长、单株叶面积、鲜质量、幼苗存活率均达

到最大值，较对照组分别提高 70.12 %、67.20 %、36.92 %、51.74 %、28.91 %、52.21 %、55.50 %、42 94 %和 51.34 %；幼苗株高、叶片数、基径、主根长和最大侧根长显著高于其余各处理组。

表 6 不同播种深度的武当木兰幼苗特性

Table 6 Characteristics of <i>Magnolia sprengeri</i> seedlings with different sowing depths					
播种深度/cm	株高/cm	叶片数/片	基径/mm	主根长/cm	侧根数
CK	(4.35±0.23)c	(1.23±0.13)d	(1.23±0.11)d	(7.65±0.12)c	(20.31±0.56)b
0.5	(5.36±0.21)c	(2.67±0.25)c	(1.46±0.32)c	(10.47±0.32)b	(22.68±0.87)b
1.0	(9.67±0.13)b	(2.98±0.31)b	(1.52±0.54)c	(13.65±0.51)b	(27.12±0.46)a
2.0	(14.56±0.46)a	(3.75±0.12)a	(1.95±0.67)a	(15.85±0.65)a	(28.57±1.02)a
3.0	(11.25±0.35)b	(2.68±0.47)c	(1.71±0.31)b	(11.62±0.54)b	(24.98±0.98)b
4.0	(8.65±0.14)b	(2.14±0.25)c	(1.45±0.31)c	(7.36±0.36)c	(19.38±0.67)c
5.0	(7.49±0.68)c	(1.56±0.13)d	(1.16±0.26)d	(5.37±0.45)d	(18.37±0.86)c
播种深度/cm	最大侧根长/cm	单株叶面积/cm ²	鲜质量/g	幼苗存活率/%	
CK	(3.67±0.23)d	(17.65±0.35)d	(1.86±0.35)c	(34.67±0.85)c	
0.5	(4.25±0.65)c	(26.98±0.36)c	(2.35±0.36)b	(52.38±0.98)b	
1.0	(5.69±0.52)c	(36.58±0.39)ab	(2.97±0.54)a	(65.45±1.05)ab	
2.0	(7.68±0.45)a	(39.66±0.65)a	(3.26±0.68)a	(71.25±1.24)a	
3.0	(6.67±0.36)b	(31.24±0.42)b	(2.45±0.26)b	(55.34±0.68)b	
4.0	(5.34±0.64)c	(22.68±0.53)c	(1.87±0.51)c	(42.3±0.641)c	
5.0	(2.39±0.39)d	(14.27±0.41)d	(1.31±0.28)d	(27.46±0.35)d	

同列不同字母表示处理间差异显著($P < 0.05$)。

3 结论与讨论

设置 7 个恒定温度和 5 个昼夜变温条件，对武当木兰种子进行萌发试验。结果表明，温度对武当木兰种子的萌发与幼苗建成有显著影响($P < 0.05$)。武当木兰种子萌发及幼苗建成各指标均在恒温 28 ℃和 28 ℃ 15 ℃昼夜变温时达到最大值。武当木兰种

子幼苗建成的关键指标株高、叶片数、主根长在恒温条件下较昼夜变温条件下分别提高 0.72%、6.19%和 24.23%，因此，在持续光照、28 ℃恒温条件下较适宜于武当木兰种子萌发及幼苗建成，这与韩丽娟等^[18]、赖家业等^[21]研究结果相一致。

设置 6 个播种深度对武当木兰种子进行萌发试

验。结果表明,播种深度对武当木兰种子萌发及幼苗建成有显著影响($P < 0.05$)。播种深度为 2.0 cm 时,种子发芽率、发芽势、发芽指数和幼苗株高、叶片数、主根长均达最大值,较对照组分别提高 65.28%、79.31%、57.35%、70.12%、67.20%和 51.73%。可见最适宜的播种深度为 2.0 cm。播种深度在 4~6 cm 时,出苗时间延迟、出苗率、成活率和幼苗质量均降低,韦剑锋等^[22]对麻疯树种子、梁立东^[23]对欧洲垂枝桦、王锋^[24]对辽东栎的研究也发现了相似的规律。这可能与播种深度过大影响了种子的呼吸作用有关。此外,研究发现当播种深度小于 2.0 cm 时,武当木兰种子萌发和幼苗建成的各项指标也较差,一是种子处于泥土表面,与土壤的有效结合性较低;二是种子处于表面,根系难以下扎,不利于根系对水分和养分的吸收;三是根系浅,植株容易倒伏,这与闫兴富等^[25]发现辽东栎(*Quercus wutaishanica*)覆土处理(覆土 2 cm)的出苗率(78.9%)明显高于不覆土处理(63.59%)的研究结论一致。

综合评价 2 个因素对种子萌发与幼苗建成的影响,温度是影响种子发芽率、发芽势和发芽速率的主要因素,播种深度是影响幼苗存活率的主要因素。武当木兰种子萌发和幼苗建成的最适环境条件是恒温 28 °C、播种深度 2.0 cm。

参考文献:

- [1] 赵丛笑. 玉兰、武当木兰、黄山木兰的辨认[J]. 湖南林业, 2005(7): 18-20.
ZHAO C X. Identification of *Magnolia*, *Magnolia sprengeri* and *Magnolia cylindrical* [J]. Hunan Forestry Science, 2005(7): 18-20.
- [2] 彭旭路, 陈坤. 四川乡土树种武当木兰在风景园林中的推广应用研究[J]. 建筑与文化, 2018(5): 114-116.
PENG X L, CHEN K. Research on popularization and application of Sichuan native tree *Magnolia sprengeri* Pamp. in landscape architecture[J]. Architecture & Culture, 2018, 170(5): 114-116.
- [3] 梁康, 陈志萍, 潘德权, 等. 武当木兰 1 年生播种苗生长节律的研究[J]. 种子, 2014, 33(5): 90-93.
LIANG K, CHEN Z P, PAN D Q, et al. Study on the growth rhythm of *Magnolia sprengeri* one-year-old seedlings[J]. Seed, 2014, 33(5): 90-93.
- [4] 贺一鸣, 李青丰, 贺晓, 等. 环境因子对蒙古栎种子萌发及幼苗建成的影响[J]. 生态学报, 2018, 38(13): 4724-4732.
HE Y M, LI Q F, HE X, et al. Effects of environmental factors on seed germination and seedling establishment of *Caryopteris mongolica*[J]. Acta Ecologica Sinica, 2018, 38(13): 4724-4732.
- [5] 沈奇, 赵继献, 邱雪柏, 等. 环境因子对紫苏籽粒产量及品质性状影响研究[J]. 中国中药杂志, 2018, 43(20): 4033-4043.
SHEN Q, ZHAO J X, QIU X B, et al. Research on influence of environment factors to yield and quality traits of *Perilla frutescens*[J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2018, 43(20): 4033-4043.
- [6] 梅梅, 张晓林, 陆秀君. 温度对辽东地区天女木兰种子催芽的影响[J]. 防护林科技, 2018(9): 1-2.
MEI M, ZHANG X L, LU X J. Effect of temperature on seed germination-breaking of *Magnolia sieboldii* in eastern region of Liaoning Province[J]. Protection Forest Science and Technology, 2018(9): 1-2.
- [7] 刘成功, 王明援, 刘宁, 等. 不同光照时间对欧美杨幼苗生长和光合特性的影响[J]. 林业科学, 2018, 54(12): 33-41.
LIU C G, WANG M Y, LIU N, et al. Effects of different irradiation duration on growth and photosynthetic characteristics of *Populus×euramericana* seedlings[J]. Scientia Silvae Sinicae, 2018, 54(12): 33-41.
- [8] 王维. 土壤含水量对辽东栎种子生长的影响研究[J]. 安徽农学通报, 2018, 24(19): 85-86.
WANG W. Effects of Different irradiation duration on growth and photosynthetic characteristics of *Populus euramericana* seedlings[J]. Anhui Agricultural Science Bulletin, 2018, 24(19): 85-86.
- [9] 何彦峰. 武当木兰种子繁殖研究[J]. 林业科技, 2010, 35(2): 51-53.
HE Y F. Study on seed propagation of *Magnolia sprengeri* Pamp.[J]. Forestry Science & Technology, 2010, 35(2): 51-53.
- [10] KANG Y X, EJDER E. *Magnolia sprengeri* Pamp.: Morphological variation and geographical distribution[J]. Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology, 2011, 145(4): 906-923.
- [11] YANG M, SHI S G, LIU W, et al. Phenotypic variation and diversity of *Magnolia sprengeri* Pamp. in native habitat[J]. Genetics and Molecular Research, 2015, 14(2): 6495-6508.
- [12] SONG C Y, LIU H M. Habitat differentiation and conservation gap of *Magnolia biondii*, *M. denudata*, and *M. sprengeri* in China[J]. Peer J, 2019(6): e6126.
- [13] 杨梅, 张敏, 师守国, 等. 武当木兰种群遗传结构的 ISSR 分析[J]. 林业科学, 2014, 50(1): 76-81.
YANG M, ZHANG M, SHI S G, et al. Analysis of genetic structure of *Magnolia sprengeri* populations based on ISSR markers[J]. Scientia Silvae Sinicae, 2014,

- 50(1): 76–81.
- [14] 申俊林. 武当木兰繁育技术研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2007.
- SHEN J L. A study of breeding technic on *Magnolia sprengeri* pamp[D]. Yangling, China: Northwest A & F University, 2007.
- [15] 王桂英, 田宇. 武当玉兰育苗试验[J]. 中国中药杂志, 2000, 25(9): 562.
- WANG G Y, TIAN Y. Seedling test of *Magnolia sprengeri* Pamp. [J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2000, 25(9): 562.
- [16] 倪广艳, 王昌伟, 彭少麟. 不同温度处理对金钟藤种子萌发的影响[J]. 生态环境, 2005, 14(6): 898–900.
- NI G Y, WANG C W, PENG S L. Effects of different temperature on seed germination of *Meremia biosiana*[J]. Ecology and Environment, 2005, 14(6): 898–900.
- [17] 赵兰枝, 齐振威, 王明玲. 合欢种子不同温度的发芽试验[J]. 山东林业科技, 2004, 34(4): 10–11.
- ZHAO L Z, QI Z W, WANG M L. The experiment on varied sprouting temperature for *Albizia julibrissin* seeds[J]. Journal of Shandong Forestry Science and Technology, 2004, 34(4): 10–11.
- [18] 韩丽娟, 马爽, 王光野. 不同温度对木兰种子萌发的影响[J]. 长春师范学院学报(自然科学版), 2010, 29(4): 79–82.
- HAN L J, MA S, WANG G Y. Effect of different temperatures on the seed germination of *Magnolia liliflora* Desr[J]. Journal of Changchun Normal University (Natural Science), 2010, 29(4): 79–82.
- [19] 闫兴富, 王建礼, 周立彪. 光照对辽东栎种子萌发和幼苗生长的影响[J]. 应用生态学报, 2011, 22(7): 1682–1688.
- YAN X F, WANG J L, ZHOU L B. Effects of light intensity on *Quercus liaotungensis* seed germination and seedling growth[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2011, 22(7): 1682–1688.
- [20] 田璐, 张沛东, 牛淑娜, 等. 不同处理对大叶藻种子萌发和幼苗建成的影响[J]. 生态学杂志, 2014, 33(9): 2408–2413.
- TIAN L, ZHANG P D, NIU S N, et al. Effects of different treatments on seed germination and seedling establishment of eelgrass *Zostera marina* L.[J]. Chinese Journal of Ecology, 2014, 33(9): 2408–2413.
- [21] 赖家业, 刘敬宝, 潘春柳, 等. 不同处理对单性木兰种子萌发的影响[J]. 广西科学, 2008, 15(2): 195–197.
- LAI J Y, LIU J B, PAN C L, et al. Effect of different treatments on the seed germination of *Kmeria septentrionalis*[J]. Guangxi Sciences, 2008, 15(2): 195–197.
- [22] 韦剑锋, 韦冬萍, 吴炫柯, 等. 不同播种深度对麻疯树种子出苗和苗木性状的影响[J]. 种子, 2017, 36(11): 90–94.
- WEI J F, WEI D P, WU X K, et al. Effects of sowing depth on seed emergence and seedling traits of *Jatropha curcas* L.[J]. Seed, 2017, 36(11): 90–94.
- [23] 梁立东. 基质、覆盖物、播种深度和含水率对欧洲垂枝桦种子萌发的影响[J]. 林业科技, 2017, 42(3): 4–7.
- LIANG L D. Effects of Substrate, mulch, sowing depth and water content on seed germination of *Betula pendula*[J]. Forestry Science & Technology, 2017, 42(3): 4–7.
- [24] 王锋. 播种深度对辽东栎幼苗生长的影响[J]. 内蒙古林业, 2016(7): 24–25.
- WANG F. Effect of sowing depth on the growth of *Quercus liaotungensis* seedlings[J]. Neimenggu Forestry, 2016(7): 24–25.
- [25] 闫兴富, 仇智虎, 张婧, 等. 种皮和播种深度对辽东栎种子萌发和幼苗早期生长的影响[J]. 应用生态学报, 2014, 25(1): 53–60.
- YAN X F, QIU Z H, ZHANG Q, et al. Effects of coat and sowing depth on seed germination and early seedling growth of *Quercus wutaishanica*[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2014, 25(1): 53–60.

责任编辑: 罗慧敏

英文编辑: 罗 维